à Monsieur le Profr Brouar
Doyen de la Faculté de méd
Hommage respectu
Henri Devaux

NOTICE

SUR LES

TITRES

ET LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. HENRI DEVAUX
DOCTEUR ÈS-SCIENCES

PARIS
IMPRIMERIE HENRI JOUVE
15, Rue Racine, 15
—
1891

TITRES UNIVERSITAIRES

ET

SERVICES DANS L'ENSEIGNEMENT

Licencié ès-sciences physiques, juillet 1884,
Licencié ès-sciences naturelles, juillet 1886,
Pharmacien de 1re classe, novembre 1886,
Boursier d'études à la Faculté des sciences de Paris (1888-1889).
Docteur ès-sciences naturelles, avril 1889,
Stagiaire au Museum d'histoire naturelle,
Secrétaire de la Société botanique de France,
Secrétaire de la Société philomathique,
Membre de la Société française de physique,
Chargé de l'enseignement de la Zoologie et de la Physiologie à la Faculté des sciences de Dijon.

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE M. HENRI DEVAUX

---

1. — *Variations de croissance et de développement des plantes aux différentes heures de la journée.*

(*Union pharmaceutique*, t. XXIII, p. 371, août 1882).

Cette note se rapporte à la croissance de la hampe florale du *Colchicum autumnale*. Le developpement de cette partie de la fleur est suffisamment rapide pour pouvoir être mesuré d'heure en heure. J'ai même pu constater un minimum de croissance au milieu du jour, entre midi et 2 heures. Ce fait est intéressant, parce qu'il montre que l'influence de la lumière s'exerce aussi bien sur la croissance des organes floraux que sur celle des organes végétatifs.

2. — *Mouvements spontanés de certains corps à la surface de quelques liquides.*

(*La Nature*, n° 777, 21 avril 1888, p. 331, avec 4 dessins dans le texte).

Dès le début de mes recherches en physiologie végétale, mon attention s'est portée sur les *Phénomènes moléculaires*, dont l'influence prépondérante sur les êtres vivants apparaît de plus en plus grande aux yeux des physiologistes. Je sens d'autant plus la nécessité d'une étude spéspéciale de ces phénomènes que cette partie de la Physique est peu connue dans ses détails. J'ai déjà fait dans ce domaine un certain nombre de recherches et d'expériences qui furent assez nouvelles pour intéresser les physiciens les plus compétents.

Dans la note présente, j'étudie les mouvements du camphre à la surface de l'eau et du mercure. Ces mouvements sont dus uniquement à ce que les vapeurs de camphre, en s'étendant à la surface des liquides, diminuent leur *tension superficielle*. Je montre le moyen de distinguer les effets de la *viscosité* de ceux de la *capillarité*. La puissance de ces actions moléculaires se manifeste par la mise en mouvement continu de flotteurs chargé de poids, etc.

Les notions acquises dans ces études préliminaires sur la Physique moléculaire, ont été mises à contribution plusieurs fois dans la suite.

3. — *De l'action de la lumière sur les racines croissant dans l'eau.*

(Bull. de la Soc. botanique, t. XXXV, juillet 1888, p. 305).

Voici les conclusions de cette note :

« La lumière agit manifestement sur l'aspect extérieur des racines submergées : elle favorise le développement des poils radicaux ; mais son action la plus générale est un ralentissement de la croissance accompagné d'une diminution de la ramification ; cette diminution se manifeste par la naissance tardive des radicelles, leur croissance faible et leur nombre restreint. »

4. — *Action des températures extrêmes sur les plantes aquatiques.*

(*Bull, soc. Bot.*, t. XXXVI, p. 123. — *Ann. des Sc. Nat.*, 7e série, Bot. t. IX, p. 105 et 141).

Quand l'eau dans laquelle est plongée une plante aquatique est soumise à la congélation, on voit, aussitôt que la glace se forme, un dégagement abondant de bulles sortir des lacunes de la plante. Il semblerait qu'on plonge celle-ci dans l'eau chaude. Quand arrive le dégel une action inverse se produit : les lacunes, jusqu'alors pleines d'air, se remplissent d'eau d'une manière complète. Ces actions ont une grande influence sur la vie des plantes aquatiques pendant l'hiver. Les expériences sont très faciles à répéter.

5. — *Du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques submergées.*

(*Ann. des Sciences Naturelles*, 7e série, Bot., t. IX, p. 35 à 180 avec figures intercalées dans le texte, 1889).

Une bonne analyse de ce travail a paru dans la *Revue générale de Botanique*(1). Je la transcris ici.

« Les conditions extérieures pour les plantes aquatiques diffèrent de celles que subissent les plantes aériennes par ce fait que les gaz du milieu ne sont pas libres, mais dissous ; en outre, les stomates, peu nombreux, ne jouent plus, dans la circulation de ces gaz, qu'un rôle presque insignifiant. Le corps entier du végétal étant creusé d'un vaste système clos de lacunes, la diffusion à étudier est donc celle d'un milieu liquide à un milieu gazeux à travers une membrane vivante.

« La méthode employée est la suivante : une plante entière et vivante, d'*Elodea* par exemple, est introduite, à la manière d'un battant de cloche, dans un petit entonnoir en verre, de telle sorte que la section de la tige arrive à peu près au milieu de la partie tubulée de l'entonnoir. On remplit ensuite la partie évasée, jusqu'à la moitié à peu près, avec de la gélatine fondue, en ayant soin de laisser à découvert la section de la tige. Quand la gélatine est solidifiée, un tube de caoutchouc est adapté à la partie tubulée de l'entonnoir et relié, par l'autre extrémité, à une pompe à mercure d'Alvergniat. La masse de gélatine sépare ainsi la plante en deux portions : l'une à la surface de la gélatine, grande et

(1) Extrait de la *Revue générale de Botanique*, tome I, 1889, p. 493.

libre, plongeant dans l'air ou dans l'eau aérée ; l'autre, courte, communiquant avec la pompe à mercure.

« Au moyen de cet appareil M. Devaux a pu faire à volonté le vide dans l'intérieur de la plante, et, par des analyses répétées, arriver à des notions précises sur la diffusion des gaz de l'air, jusque dans les lacunes, à travers les parois des plantes submergées. Il a constaté que *cette diffusion est analogue à celle qui se produirait à travers une lame liquide immobilisée. Les vitesses de diffusion pour chaque gaz restent les mêmes que la plante soit dans l'air ou dans l'eau ; l'oxygène diffuse environ deux fois plus vite que l'azote, et le gaz carbonique cinquante-cinq fois plus vite.*

« Comparant ensuite le milieu interne et le milieu externe de la plante, l'auteur tire les conclusions suivantes :

« 1° *L'air dissous dans les eaux naturelles possède sensiblement la même pression que dans l'atmosphère ;*

« 2° A l'obscurité, c'est-à-dire quand la respiration agit seule, la pression gazeuse est à peu près la même des deux côtés de la paroi des plantes submergées ; *l'atmosphère interne de ces plantes est de l'air presque pur, de composition assez semblable à celle de l'air libre.*

« 3° Dans le cas d'assimilation, au contraire, la lumière, sous l'influence de laquelle le gaz carbonique, très diffusible, se transforme en oxygène peu diffusible, augmente la pression interne. Toutefois, comme précédemment, l'atmosphère des lacunes tend à avoir la même composition que l'air libre.

« M. Devaux termine cette étude déjà si fournie, en observant comment les gaz qui ont pénétré dans la plante arrivent dans la cellule. Le milieu gazeux externe de chaque cellule d'une plante submergée est de l'air libre ou dissous, dans lequel les pressions gazeuses sont très voisines de ce qu'elles sont dans l'air libre. Chaque cellule est traversée directement par ces gaz, de telle sorte qu'*il existe, dans la substance même de la cellule, de l'air simplement dissous, possédant la même pression qu'à l'extérieur.*

« L'atmosphère intime de la particule vivante serait donc de l'air, dans lequel chaque gaz tendrait à posséder la même force élastique que dans l'atmosphère où nous vivons. »

On voit par le résumé que donne cet extrait que j'ai cherché dans le cours de mes recherches, à considérer toutes les questions que soulevait le problème du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques submergées. Voici le résumé plus succinct que l'auteur d'une autre analyse de mon travail (1) donne en terminant son article :

« Ainsi l'atmosphère intime de chaque particule protoplasmique est de l'air dissous où les pressions sont voisines de celles qui existent dans l'atmosphère libre.

« Cette conclusion, par son importance, est à rapprocher des deux autres déjà signalées : la membrane est perméable aux gaz à la manière d'une lame d'eau, — l'atmosphère interne des plantes submergées est de l'air pur, si l'eau est normalement aérée.

« Ces résultats ainsi résumés montrent tout l'intérêt que présentent les recherches de M. Devaux et avec quel bonheur il a su résoudre les difficultés qu'elles comportaient. »

D'autres analyses étendues du même travail sont parues dans divers journaux scientifiques de France et de l'étranger. Je me permettrai de citer encore la phrase suivante, empruntée à la *Revue scientifique*, parce qu'elle résume en quelques lignes les résultats de mes recherches :

« Étudier la composition et la pression des gaz renfermés dans les lacunes et dissous dans le protoplasma des plantes aquatiques, mesurer le pouvoir osmotique de chaque gaz à travers les parois des cellules végétales, déterminer les conditions qui rendent possible la vie aquati-

(1) Voy. *Bull. de la Société botanique de France*, revue bibliographique.

que pour certaines plantes, telles sont les questions que M. Devaux a résolues dans son travail. »

Je signalerai en terminant une publication parue à Vienne, quelques mois après la mienne, et dans laquelle MM. Wiesner et Molisch, bien connus pour leurs belles recherches en physiologie végétale, confirment l'un des principaux résultats que j'ai obtenus (1).

6. — *Respiration des plantes aquatiques submergées.*

Travail d'ensemble poursuivi depuis 1877 dans les laboratoires de physiologie de la Sorbonne (une courte note seulement publiée dans les *Annales des sciences naturelles*, 7e série, Bot., t. IX, p. 97).

Les recherches étendues que j'ai faites sur ce sujet ne sont pas encore publiées, sauf une note qui rapporte l'un des résultats les plus importants : *La respiration des plantes aquatiques submergées se trouve sensiblement la même dans l'air que dans l'eau.* Ce fait confirme d'une manière frappante une des conclusions du travail précédent : *il y a, au point de vue des échanges chimiques, la même indifférence au milieu qu'au point de vue des échanges physiques.*

« Un tel résultat montre l'importance d'une étude attentive des conditions de la vie dans les différents milieux pour la connaissance de la biologie générale toute entière. »

Le temps m'a manqué jusqu'à ce jour pour rassembler et condenser

1. Wiesner et Molisch, *Untersuchungen ueber die Gasbewegung in der Pflanze*, (Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wissenschaften. Vienne, 1889, vol. XVIII, p. 670-713).

les éléments de cette étude. La présente note n'est donc qu'une prise de date.

7. — *Généralités sur les sirops et les mellites.*

Thése présentée au concours d'Agrégation du 1er mai 1889 à l'École supérieure de Pharmacie de Paris ; une brochure in-4, Henri Jouve, éditeur, Paris, 1889.

La première partie de ce travail n'est qu'un exposé méthodique des connaissances nombreuses que nous possédons sur ce sujet. Dans la deuxième partie, qui a trait à la conservation des sirops, j'ai eu l'occasion d'aborder une question intéressante qui semble n'avoir pas été mise en lumière par les auteurs : celle du *pouvoir conservateur des sirops*.

Quand on ajoute une petite quantité de sucre à de l'eau ordinaire, celle-ci, inaltérable par les agents ordinaire de fermentation, devient aussitôt le siège d'une fermentation très active. C'est que le sucre est l'aliment principal des ferments. Comment se fait-il dès lors qu'en augmentant la quantité d'aliment, ceux-ci, loin de se développer avec plus de vigueur, se trouvent absolument paralysés dans leurs fonctions ? Les travaux récents dont s'est enrichie la physiologie générale, concernant l'influence des solutions osmotiques sur les cellules vivantes, permettent de répondre à la question. Les sirops, solutions concentrées de sucre, sont fortement osmotiques. Une cellule de levure de bière qu'on y place se ratatine rapidement, perd sa vacuole interne, et suspend toute activité fonctionnelle. Tous les ferments qui se trouvent dans l'air ou dans l'eau se comportent de même ; *tous les sirops sont des milieux déshydratants* ; *et c'est en enlevant l'eau aux ferments qu'ils empêchent les fermentations.*

Telle est l'explication simple du rôle antifermentescible des sirops et de toutes les préparations fortement sucrées.

« Il est vraiment intéressant de voir que la dessication si communément employée pour la conservation des matières premières dont se sert le pharmacien, c'est-à-dire des drogues simples, est encore le mode réel par lequel les substances actives et très altérables retirées de ces drogues simples sont conservées pour l'usage immédiat. »

8. — *Sur quelques modifications singulières observées sur les racines de graminées croissant dans l'eau.*

(*Bulletin de la Soc. bot. de France*, t. XXXVI, fév. 1889, p. 76).

Cette note a pour but de décrire les formes curieuses qu'avaient prises les racines et les poils radicaux de quelques plantes croissant dans l'eau et à l'obscurité.

Racines enroulées en spirales serrées comme une vrille, ou très ramifiées et amincies, ou encore avortées et réduites à l'état de tubercules sur la racine mère ; poils spiralés ou capités sur des racines d'apparence normale, telles sont les apparences que j'ai observées et dont je donne la description.

9. — *Enracinement des bulbes et géotropisme.*

(*Bulletin de la Soc. bot. de France*, t. XXXVII, avril 1890, p. 155).

L'anatomie d'une monstruosité de la tulipe cultivée me permit d'en

déterminer la véritable nature, puis de rapprocher cette forme anormale de tout un groupe de plantes présentant des particularités du même ordre. Toutes les plantes de ce groupe enfoncent un bulbe à une profondeur variable dans la terre par l'accroissement de haut en bas d'un entre-nœud particulier.

Le renversement du *Géotropisme* dans ces organes pourrait permettre d'étudier le mécanisme de l'action directrice de la pesanteur.

10. — *Température des tubercules en germination.*

(*Bulletin de la Soc. bot. de France*, t. XXXVII, 1890, p. 169).

Normalement les tubercules de la Pomme de terre sont toujours de 1 à 2 degrés plus chauds que le milieu ambiant. Or, j'ai trouvé pour un tas de Pommes de terre une température de 39 degrés centigrades, alors que l'air extérieur ne marquait que 18 à 19°. J'explique dans ma communication à la Société de botanique que cette forte élévation de température est due à des conditions particulières de faible déperdition de chaleur. Comme conséquence, j'en déduis que si le rejet continuel de la chaleur produite pour les êtres vivants n'avait pas lieu, il en résulterait probablement des troubles considérables dans les fonctions vitales. *La dépense continue de la chaleur produite est une condition essentielle de la vie.* C'est un phénomène comparable aux excrétions; lorsque celles-ci s'accumulent dans les tissus, elles tendent à diminuer leur vitalité.

11. — *Méthode nouvelle pour l'étude des atmosphères internes chez les végétaux.*

(*Bulletin de la Société Philomathique*, 8e série, t. II, 1890-91, p. 110, avec fig. dans le texte).

Aucune bonne méthode générale n'existe en physiologie végétale pour étudier les gaz confinés dans les tissus des plantes. La plupart de celles qu'on a employées ne respectent pas les conditions essentielles de la vie, ni l'intégrité des sujets.

La méthode nouvelle que je présente consiste en principe à *placer une atmosphère limitée en communication directe avec l'atmosphère des tissus vivants*; il faut que cette atmosphère ne puisse se renouveler qu'à travers ces tissus, que l'appareil soit disposé de manière à pouvoir faire des lectures de pression ou des prises de gaz aussi souvent qu'on le désire, et que la plante continue à vivre normalement.

La figure contenue dans cette note représente une des applications les plus simples de la méthode. Une cavité creusée dans une Pomme de terre, constitue une *lacune artificielle*, à laquelle un tube clos d'autre part est adapté ; le système renferme un air confiné qui ne peut se renouveller qu'en traversant les tissus. L'équilibre entre cet air et les gaz internes de la Pomme de terre a lieu au bout d'un ou deux jours, et dès lors il suffit d'analyser un peu de gaz contenu dans la lacune artificielle pour connaître la composition de l'atmosphère interne.

Ce système, modifié selon les circonstances, m'a rendu de grands services dans mes recherches. Il présente deux avantages marqués : *La vie de la plante est respectée et l'on peut faire des expériences continues sur le même sujet.*

12. — *Atmosphère interne des tubercules et racines tuberculeuses.*

(*Bulletin de la Société botan., de France*, décembre 1890).

La méthode dont je viens de parler m'a permis de déterminer facilement la nature des gaz contenus au sein du parenchyme massif des tubercules et racines turberculeuses. Il était permis de penser que l'air, avant d'arriver dans les parties profondes de ces organes compacts et volumineux serait privé de tout son oxygène, mais j'ai reconnu qu'il n'en est rien :

L'atmosphère interne des tubercules et racines tuberculeuses contient toujours de l'oxygène en proportion notable.

Après cette constation j'étudie la manière dont se produit l'aération de ces tissus. Après avoir constaté la porosité des organes, et décrit succinctement quelques expériences décisives, je termine par les conclusions suivantes :

« Les échanges gazeux des tubercules et racines tuberculeuses se produisent de trois manières différentes qui coexistent ordinairement toutes ensemble et additionnent leurs effets :

1° *Echanges par diffusion de gaz libres à travers les pores de l'enveloppe.*

2° *Echanges par diffusion à travers la membrane à l'état de gaz dissous.*

3° *Echanges par courant de masse gazeuse à travers les pores de l'enveloppe,*

Ces résultats me paraissent applicables à toutes les plantes aériennes.

Cette comunication est le résumé des principaux points d'un travail étendu, en cours de publication, dont je parlerai plus loin (p. 22).

13. — *Les échanges gazeux d'un tubercule représentés schématiquement par un appareil physique.*

(*Bulletin de la Société philomathique*, 24 nov. 1890. — *Bulletin de la Soc., bot., de France*, 28 nov. 1890.)

J'ai cherché à vérifier sur un appareil artificiel la théorie du mécanisme des échanges gazeux que j'avais adoptée pour les organes végétaux massifs.

L'appareil se compose d'une cloche remplie par exemple de graines en germination et fermée par une membrane de parchemin végétal percée de quelques fines ouvertures. Les graines représentent les tissus poreux en état de respiration ; la membrane représente l'enveloppe péridermique du tubercule. Avec cet appareil j'ai fait les observations suivantes :

L'atmosphère interne de la cloche contient toujours moins d'oxygène et plus de gaz carbonique que l'air libre. Quand la membrane est humide la proportion de gaz carbonique diminue, celle d'oxygène aussi. Quand la membrane est sèche au contraire les proportions de gaz carbonique et d'oxygène augmentent simultanément. Les mêmes phénomènes se produisent dans les mêmes conditions sur une Pomme de terre vivante.

Comme conséquence, on reconnaît qu'il doit se produire des changements de pression et des mouvements généraux des gaz, et l'expérience vérifie entièrement toutes les prévisions soit sur l'appareil, soit sur la plante.

Le parallélisme est complet. Ce résultat est la preuve expérimentale de la théorie proposée car toutes les données de la Physiologie ont été transportées dans ce cas dans le domaine de la Physique pure.

14. — *Hypertrophie des lenticelles de la Pomme de terre et de quelques autres plantes.*

(*Bull. de la Soc. de bot.*, janv. 1891).

Le tubercule des Pommes de terre possède à sa surface des lenticelles qui servent aux échanges gazeux respiratoires, comme je l'ai démontré expérimentalement (1). Ces organes se développent beaucoup dans l'air humide et surtout dans l'eau, à la condition que le tubercule ne soit pas entièrement submergé, ce qui produirait l'asphyxie. Chaque lenticelle acquiert un diamètre de plus d'un demi-centimètre, et l'aspect crevassé du tubercule est alors d'autant plus curieux que l'air reste adhérent sous l'eau à chaque lenticelle et rend le tissu d'un blanc argenté. Ces formations, retrouvées chez d'autres plantes, semblent correspondre à l'*aérenchyme* de Schenck, et représentent une adaptation de la plante à des conditions de plus grande humidité extérieure.

15. — *Croissance des poils radicaux.*

(*Bull. de la Soc. de bot. de France*, janv. 1891).

La note a pour but d'exposer les variations apportées à la croissance des poils radicaux sous l'action de la lumière. Les racines de certaines

(1) Devaux, *Études expérimentales sur l'aération des tissus massifs*, Ann. des Sciences Nat., t. XII, 1891 (*voy.* p. 22).

Graminées, poussant dans l'eau et à la lumière, portaient de petits cônes successifs de poils. J'observai qu'il se formait un de ces cônes chaque jour, et que les poils les plus longs correspondaient aux régions qui s'étaient développées pendant le jour, c'est-à-dire sur des régions dont la croissance avait été très ralentie par la lumière. De cette observation on peut conclure qu'il existe un balancement entre la croissance de la racine et celle des poils radicaux, fait que j'avais antérieurement signalé (1). Mais ici il est particulièrement frappant de voir qu'une courbe joignant les sommets des poils indiquerait sensiblement les retards de croissance de la racine.

16. — *De l'Asphyxie par submersion chez les plantes et chez les animaux, et de ses causes.*

Bulletin de la Société de Biologie, janvier 1891.

En partant des études expérimentales faites aussi bien sur des animaux que sur des plantes, je suis arrivé à conclure qu'en cas de submersion, la mort arrive pour les végétaux de la même manière que pour les animaux : par asphyxie. Une plante aérienne se noie au même titre qu'un animal aérien. L'asphyxie est, dans tous les cas, produite par la suppression des principaux échanges gazeux, à savoir les échanges de gaz libres à travers des ouvertures respiratoires spéciales.

(1) Devaux, *De l'action de la lumière sur les racines croissant dans l'eau*, Bull. de la Soc. Bot., XXXV, 1888, p. 305.

17. — *Sur la résistance à l'Asphyxie par submersion chez quelques insectes.*

(*Bulletin de la Société philomathique*, janvier 1891).

J'ai fait des expériences de submersion sur des insectes aériens (Hyménoptères, Coléoptères) ou aquatiques (Coléoptères : *Hydrophile*, *Dytisque*). Chez eux, la résistance à l'asphyxie est toujours très grande, particulièrement chez certains Hyménoptères de petite taille.

Quand on plonge une Fourmi dans l'eau, la perte de sensibilité et de mouvements disparaît en moins de 90 secondes, accompagnée de troubles nerveux évidents ; elle reste ensuite absolument inerte et paraît morte. Mais on peut la rappeler à la vie après plusieurs heures et même plusieurs jours d'immersion complète. Il suffit, pour cela, de la replacer dans l'air. J'ai obtenu un retour complet à la vie après plus de 60 heures d'immersion chez quelques sujets. J'ai vu un retour momentané après 110 heures chez un petit nombre de sujets. Ceux-ci avaient donc passés près de *5 jours sous l'eau sans périr*. Il est vrai que l'animal mourait ensuite, après avoir langui un ou deux jours.

Une telle résistance à l'asphyxie chez ces animaux présente non seulement un intérêt scientifique, mais encore un intérêt pratique se rapportant à la destruction naturelle ou artificielle des insectes nuisibles à l'agriculture

18. — *La Porosité du fruit des Cucurbitacées.*

(*Revue générale de Botanique*, t. III, février 1891, avec fig. dans le texte).

Le fruit des Cucurbitacées est souvent très volumineux, car il n'est pas rare de trouver des Potirons (*Cucurbita maxima*) dont le poids dépasse 30 kilogrammes. Beaucoup d'autres espèces ont aussi des fruits d'un poids considérable, quoique généralement moins élevé que le précédent. Tous ces fruits sont constitués par un parenchyme charnu en état de respiration active, et il était intéressant de voir comment l'air pouvait arriver dans les parties profondes sans être dépouillé de son oxygène. Dans les recherches expérimentales que j'ai entreprises à ce sujet, j'ai montré tout d'abord que l'air inclus dans la cavité du fruit est toujours assez pur pour être peu différent de l'air libre. Cette pureté est due essentiellement à la très grande *Porosité* des tissus internes et à la porosité très notable de l'enveloppe corticale. Il suffit, par exemple, d'insuffler de l'air au moyen d'un tube de caoutchouc, dans la cavité interne d'un gros fruit de Potiron plongé dans l'eau, pour voir une multitude immense de bulles jaillir de toutes les régions de la surface. Ces bulles s'échappent à la fois des lentilles et des stomates. Tous les autres fruits des Curcurbitacées possèdent aussi des ouvertures analogues. C'est grâce à la grande porosité générale des tissus et de l'enveloppe que les échanges gazeux peuvent établir une aération parfaite du fruit des Cucurbitacées.

19. — *Sur la Respiration des cellules à l'intérieur des tissus massifs.*

(Comptes-Rendus de l'Ac. des Sc., 2 février 1891).

Les physiologistes se sont souvent demandés si au centre de certains tissus d'apparence très compacte la respiration normale était possible. Par exemple dans une Betterave ou une Pomme de terre les tissus forment une masse très dense dans laquelle il semble n'exister aucun canal spécial pouvant amener l'air extérieur jusqu'aux parties profondes. Mais j'ai montré qu'il n'en est rien, par une série d'analyses de l'atmosphère interne et par des recherches anatomiques jointes à des expériences physiologiques. Je résume ce travail dans les conclusions suivantes.

1° *Les gaz confinés au milieu des tissus massifs renferment toujours une forte proportion d'oxygène.*

2° *La respiration des cellules les plus internes des fruits, des tubercules, etc., est toujours la respiration normale.*

3° *La communication est établie entre ces cellules intérieures et l'atmosphère externe par un système de canaux aérifères ramifiés qui permet le passage rapide des gaz, même pour une faible différence de pressions.*

20. — *Etudes expérimentales sur l'Aération des tissus massifs.*

Introduction à l'étude du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aériennes.

(Ann. des Sciences Naturelles, t. XII, 1891, avec fig. dans le texte) (en cours de publication).

Ce mémoire fait suite à mes recherches sur les échanges gazeux des

plantes aquatiques et précède des recherches plus étendues encore que je prépare sur les échanges gazeux des plantes aériennes. Tout ce chapitre de la physiologie végétale est à faire, car les travaux parus jusqu'à ce jour ne renferment que des données éparses, avec très peu de lien entre elles. Il s'agit de les relier, par des expériences directes, en une théorie complète du mécanisme des échanges gazeux.

Le principe de la méthode adoptée dans ces recherches a été indiqué dans une autre publication (1); plusieurs figures montrent les adaptations spéciales que nécessitaient les conditions de l'étude, selon que le sujet était dans l'air ou planté dans le sol.

Les recherches faites sur la *Porosité* des tissus massifs ont toujours été faites sur des organes vivants, et l'expérience n'a pas altéré leur vitalité. L'anatomie et la filtration générale de l'air à travers les tissus démontrent que, dans tous les cas étudiés, la porosité des tissus est très grande. Toutefois il y a lieu de faire une réserve pour la membrane d'enveloppe de ces tissus : elle est en général notablement moins poreuse que les tissus de l'intérieur, et peut même ne posséder aucune ouverture naturelle (ex. Poire, Pomme). Mais dans ce cas les gaz peuvent entrer et sortir encore par *dialyse gazeuse* à travers la substance même de la membrane. En outre des ouvertures accidentelles existent presque constamment. Ainsi la peau épaisse de l'Orange est dépourvue de pores naturels; mais la cicatrice laissée lors de la séparation du fruit d'avec son pédoncule laisse passer les gaz avec la plus grande facilité.

La membrane externe est, dans les conditions normales, toujours perméable aux gaz par dialyse gazeuse ; cette *Perméabilité* est indépendante de sa *Porosité*. C'est grâce à ces propriétés de la membrane d'enveloppe que l'atmosphère interne peut se renouveler. Les mesures expérimentales montrent que, dans des conditions normales, *la composition et la pression de l'Atmosphère interne restent constantes* chez un même sujet.

(1) Voy. Devaux, *Méthode nouvelle..*, p. 15.

L'oxygène existe toujours dans cette atmosphère, ce qui montre que la respiration des tissus profonds est toujours normale. L'atmosphère interne varie non seulement d'une espèce à l'autre, mais encore chez les individus d'une même espèce selon *l'âge, la température, la perméabilité et la porosité de la membrane, les conditions d'humidité extérieure*, etc.

Quand par exemple on mouille la surface d'une Pomme de terre mise en expérience, on voit le manomètre indiquer une dépression de l'atmosphère interne; l'analyse montre plus tard que cette dépression est due à ce que l'oxygène et le gaz carbonique ont diminué simultanément à l'intérieur du sujet. Ce phénomène provient de ce que l'humidité a augmenté la perméabilité, ce qui favorise la sortie du gaz carbonique, et diminué la porosité, ce qui rend plus difficile la rentrée de l'oxygène.

L'analyse détaillée des phénomènes qui se passent dans ces conditions permet d'expliquer d'autres phénomènes secondaires, tels que la circulation de l'azote, et de connaître dans tous ses détails la marche suivie par les gaz. Le mécanisme complet des échanges est ainsi déterminé sur un végétal vivant intact. Il faut distinguer trois sortes de mouvements distincts qui coexistent sans se troubler mutuellement :

1° *Mouvements de diffusion des gaz à travers les pores de l'enveloppe.*

2° *Mouvements de diffusion à travers la substance même de l'enveloppe.*

3° *Courants de la masse des gaz à travers les pores.*

Tous ces mouvements ont été reproduits sur un appareil physique, chez lequel le mécanisme des échanges a été identique à ce qui a lieu chez la plante vivante (1).

Ce parallélisme complet est une démonstration décisive, et je puis montrer en terminant que tous les gaz aériens circulent dans la plante en suivant chacun de préférence une voie particulière. Quand il y a simultanément perméabilité et porosité de la membrane d'enveloppe

(1) Voy. Devaux, *Les échanges gazeux d'un tubercule représentés schématiquement par un appareil physique*.., p. 17.

l'oxygène rentre surtout par les ouvertures par diffusion simple et par courant massif, tandis que le gaz carbonique sort surtout à travers la membrane par diffusion dialytique.

Cette circulation est analogue à celle que subit l'azote, mais elle s'opère par un mécanisme différent.

21. — *La circulation passive de l'azote dans les végétaux.*

Journal de botanique, février, 1891.

J'expose ici l'un des principaux résultats de recherches faites de 1887 à 1891 sur les plantes aquatiques et sur les plantes aériennes.

Les végétaux sont perméables aux gaz, à l'azote en particulier qui, comme je le démontre, tend à circuler dans leurs tissus. Cette circulation reconnaît pour causes :

1° L'existence de *courants de masse* à travers les ouvertures de la plante. Tantôt ces courants emportent les gaz hors de la plante, tantôt ils amènent l'air extérieur à l'intérieur des lacunes. Dans le premier cas, une portion de l'azote est entraînée, et la proportion de ce gaz dans l'atmosphère interne diminue. Dans le second cas, l'air extérieur entre, et la proportion de l'azote dans l'atmosphère interne augmente ;

2° L'existence de *courants de diffusion* à travers les parois de la plante. Ces courants sont déterminés par ce fait que la pression de l'azote est toujours plus petite ou plus grande que celle de l'azote extérieur.

Les effets de ces deux courants s'additionnent pour produire une circulation passive qui est d'une durée indéfinie tant que les courants de masse gazeuse existent.

22. — *Études sur la végétatiom de la Pomme de terre.*

Cultures faites en 1890 dans les jardins du Muséum d'histoirs naturelle et au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Il résultes de ces recherches expérimentales que *la puissance végétative des tubercules est variable*. On peut trouver des tuberenles donnant une récolte abondante, tandis que d'autres donnent une récolte sensiblement nulle. Dans certaines régions de la France, les tubercules à puissance végétative affaiblie sont dans une proportion énorme, plus de 98 0/0 de la récolte totale. Du reste, les diverses parties d'un même tubercule n'ont pas la même puissance négative, car quand on plante séparément les deux moitiés d'une Pomme de terre, le sommet donne une récolte très belle, la base une récolte faible ou nulle.

Dans tous les cas où la végétation reste faible, les réserves internes de la Pomme de terre restent sans emploi, et on retrouve à la récolte le sujet planté presqu'inaltéré.

(Ces recherches n'étant pas encore publiées, je ne puis me permettre d'entrer dans de plus amples détails).

TRAVAUX NON ENCORE IMPRIMÉS

23. — *La Fonction chlorophyllienne des racines de Pin croissant dans l'eau.*

24. — *Sur une méthode de mesure de l'Assimilation chlorophyllienne.*

25. — *Contribution à l'étude des Fourmis : acuité des sens, habitude, caractère individuel chez ces insectes.*

(Recherches faites en collaboration avec le Dr E. Devaux, médecin de la Marine à Obock (Afrique orientale).

26. — *Contribution à l'étude des mœurs des Hyménoptères chasseurs.*

(*Pompiles*, *Ammophiles*, etc.) (1887-1889).

TRAVAUX EN PRÉPARATION

27. — *La température des plantes, ses rapports avec les condition d'Assimilation, de Transpiration et de Rayonnement.*

(En collaboration avec M. Chauveaud, au Muséum d'histoire naturelle).

28. — *Etudes expérimentales sur la Vitalité cellulaire.*

29. — *La Vie des plantes supérieures dans l'huile.*

30. — *La Fonction chlorophyllienne dans l'huile.*

Les travaux résumés dans cette notice ont été faits dans les laboratoires de M. Merget, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux (1887), de M. Gaston Bonnier, professeur à la Faculté des sciences de Paris (1888-1889), et de M. Van Tieghem, professeur au Muséum (1890-1891).

Paris. — Imprimerie HENRI JOUVE, rue Racine, 15.